

и формированию общего представления о газодинамике турбины с изотермическим расширением. Однако представленная работа позволяет сделать вывод о целесообразности проведения более глубоких исследований изотермического расширения с целью решения указанных проблем.

#### Библиографический список

1. Скибин В.А., Солонин В.И., Палкин В.А. Работы ведущих авиадвигателестроительных компаний в обеспечение создания перспективных авиационных двигателей (аналитический обзор). Казань: филиал ОАО

«ТАТМЕДИА» «ПИК «Идеал-Пресс», 2010. 676 с.

2. Bachovchin D.M., Lippert T.E., Newby R.A., Cizmas P.G.A. Gas turbine reheat using in situ combustion. Siemens Westinghouse Power Corporation, Final Report, May, 2004. – 112p.

3. Thornburg H., Sekar B., Zelina J. and etc. Numerical study of an inter-turbine burner concept with curved radial vane// AIAA Paper-2007-649, January 2007.

4. Sirignano W.A., Liu. F. Performance increases for gas turbine engines through combustion inside the turbine// Journal of Propulsion and Power, Vol. 15, No.1, January-February, 1999. P. 111–118.

УДК 621.452 (07)

### **ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБИНЫ С ИЗОТЕРМИЧЕСКИМ РАСШИРЕНИЕМ И УЧЁТ ЕЁ ВЛИЯНИЯ НА ВЫСОТНО-СКОРОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

©2016 М.А. Мураева, И.М. Горюнов

Уфимский государственный авиационный технический университет

### **CHARACTERISTICS OF TURBINE WITH ISOTHERMAL EXPANSION AND EVALUATION OF ITS INFLUENCE ON GTE HEIGHT-SPEED CHARACTERISTICS**

Muraeva M.A., Gorjunov I.M. (Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russian Federation)

*This work is part of the study of application of isothermal expansion in GTE turbine as an alternative approach to its improvement. The work is aimed to calculate and analyze the characteristics of turbine with isothermal expansion and study the influence of turbine operation mode on HSC process.*

Альтернативным способом совершенствования термодинамического цикла газотурбинного двигателя (ГТД) является применение сложных термодинамических циклов, в частности, цикла с изотермическим расширением в турбине.

Данная работа является частью исследования применения изотермического расширения в турбине ГТД. В рамках этого исследования сформирована и реализована программно методика термодинамического расчёта ГТД с изотермическим расширением в турбине, на базе которой исследуется применение изотермического расширения в ГТД различных схем.

Данные о КПД и пропускной способности турбины с изотермическим расширением в публикациях в настоящий момент отсутствуют. Поэтому необходимо выпол-

нить расчёт и анализ характеристики турбины с изотермическим расширением, её сравнение с характеристикой турбины с адиабатическим расширением для возможности применения в термодинамических расчётах ГТД по сформированной методике.

Расчёт характеристики турбины с адиабатическим и изотермическим расширением выполнялся в трёхмерной постановке в ПК ANSYS CFX с использованием численной модели, представляющей собой комбинацию применяемых в инженерных расчётах моделей газодинамического расчёта турбины и камеры сгорания.

На основе расчётных исследований получены поправки характеристики одноступенчатой турбины высокого давления на изотермическое расширение, которые могут использоваться при пересчёте известной ха-

рактеристики одноступенчатой турбины с адиабатическим расширением в характеристику турбины с изотермическим расширением.

На рис. 1 представлено сравнение изменения КПД турбины с адиабатическим и изотермическим расширением при изменении режима работы турбины. Из рисунка видно, что КПД турбины с изотермическим расширением меньше КПД турбины с адиабатическим расширением во всем рассматриваемом диапазоне частоты вращения и степени понижения давления (на величину от 0,4 до 8,8%). Кривые протекают не эквидистантно. Зависимость поправки КПД от степени понижения давления имеет кубический вид.

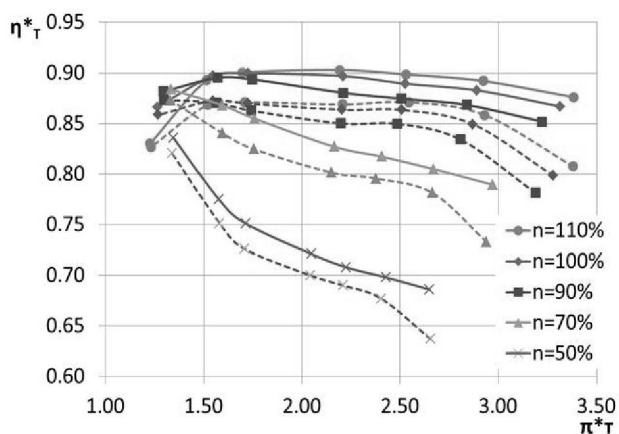


Рис. 1. Сравнение КПД турбины с адиабатическим (сплошная линия) и изотермическим (штриховая линия) расширением

Пропускные способности турбин с адиабатическим и изотермическим расширением также не совпадают (рис. 2). Пропускная способность турбины с изотермическим расширением ниже на величину от 0 до 1,1%, чем с адиабатическим расширением. Это связано с наличием дополнительных потерь полного давления до горла соплового аппарата в случае изотермического расширения, появление которых объясняется изменением степени реактивности турбины. Поэтому уменьшением пропускной способности в термодинамических расчётах можно пренебречь в силу его малости.

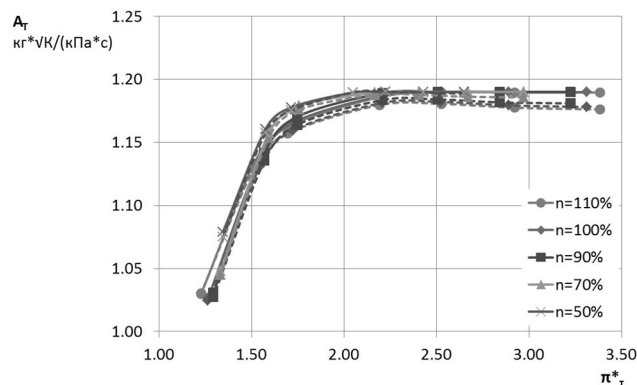


Рис. 2. Сравнение пропускной способности турбины с адиабатическим (сплошная линия) и изотермическим (штриховая линия) расширением

С использованием полученной характеристики турбины с изотермическим расширением, а также поправок выполнено расчётное исследование применения изотермического расширения в ГТД различных схем на взлётном режиме и в полётном цикле, результаты которого сопоставлены с результатами, полученными ранее в подобных расчётах без учёта характеристики.

Уменьшение тяги и увеличение удельного расхода топлива в точках высотнo-скоростной характеристики (ВСХ) при использовании характеристики турбины с изотермическим расширением сравнительно невелико, и составляет для турбореактивных двигателей 0,9...2,7 % и 0,8...1,2 % соответственно. Для двухконтурных турбореактивных двигателей (ТРДД) эти величины выше, поскольку изменение режима работы турбины высокого давления сказывается на изменении режима работы турбины низкого давления. Тяга ТРДД с изотермическим расширением сокращается на 1,9...4,0 %, а удельный расход топлива увеличивается на 0,9...1,6 %. Изменение величин происходит тем сильнее, чем больше высота и скорость полёта.

По результатам проведённых исследований сделан вывод, что режим работы турбины сказывается на протекании ВСХ ГТД с изотермическим расширением, однако качественно характер зависимостей не меняется. Это подтверждает сделанное ранее заключение о перспективности использования изотермического расширения в турбине для совершенствования рабочего цикла ряда схем ГТД.